



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **G brauchsmust rschrift**
⑩ **DE 299 14 269 U 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
C 21 D 1/22
C 22 C 38/38

②1 Aktenzeichen:	299 14 269.8
②2 Anmeldetag:	19. 8. 99
④7 Eintragungstag:	25. 11. 99
④3 Bekanntmachung im Patentblatt:	30. 12. 99

DE 299 14 269 U 1

⑦3 Inhaber:
Friederich, Heinrich, Dr.-Ing., 68649
Groß-Rohrheim, DE; Schmooch, Reinhard,
Dipl.-Ing., 57250 Netphen, DE

⑤4 Hochfester korrosionsbeständiger Edelstahl-Stab
⑤7 Stabstahl mit im wesentlichen kreisförmigem Voll-
Querschnitt und Durchmesser grösser 1 mm aus korrosi-
onsbeständigem austenitischem Edelstahl, dadurch ge-
kennzeichnet, dass der Stabstahl teilweise ausschei-
dungsgehärtet ist.

DE 299 14 269 U 1



Beschreibung:

1. Anmeldungsgegenstand

Die Erfindung betrifft einen hochfesten Stab endlicher Länge mit, im wesentlichen, kreisförmigem Vollquerschnitt und Durchmesser grösser 1 mm, aus korrosionsbeständigem austenitischem Edelstahl in ausscheidungsgehärtetem Werkstoffzustand.

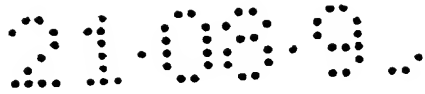
Solche Stabstähle können, sowohl über der gesamten Länge oder dem gesamten Durchmesser, als auch partiell, d.h. in einem vorgegebenen Abschnitt über der Länge, als auch in einem vorgegebenen Randschichtbereich oder einer Kombination von beiden, höchste Festigkeit/Härte bei gleichzeitig guter Korrosionsbeständigkeit, beispielsweise durch induktive Ausscheidungshärtung, aufweisen.

2. Stand der Technik

An eine Vielzahl von Bauteilen, wie z.B. Federn, Spannstähle, Zuganker etc. werden gleichzeitig hohe Anforderungen an Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit gestellt. Solche Bauteile werden in der Regel aus austenitischem Edelstahl-Vormaterial in Rundabmessungen gefertigt. Diese Vormaterialien, mit im wesentlichen kreisförmigem Querschnitt und nahezu glattflächiger Oberfläche ohne Querschnittsübergänge, werden je nach Anlieferungsform als Stäbe – in gerichteter Ausführung als Langprodukt (übliche Längen bis 6 m) – oder Drähte – in gewickelter Ausführung als Ring oder Spule bezeichnet. Solche Produkte werden nachfolgend als Stäbe bezeichnet.

Für Bauteile wie Federn, Spannstähle und Zuganker, die im Rahmen der Fertigbearbeitung vom Rundmaterial zum fertigen Bauteil nur eine geringe geometrische Änderung durch spanende oder spanlose Umformung erfahren, werden die austenitischen Edelstahl-Vormaterialien bereits in einer hohen Festigkeit, abgestimmt auf die abschliessende Bearbeitung, eingesetzt.

Diese Festigkeit wird im allgemeinen, gezielt über eine mehrfache Querschnittsreduktion – Walzen oder Ziehen – je nach angestrebter Endfestigkeit wahlweise mit, oder ohne zwischengeschaltete Lösungsglühbehandlung erreicht. Aufgrund der Verfestigungsneigung austenitischer Werkstoffe kann durch Kaltverformung eine deutliche Festigkeitssteigerung erzielt werden.



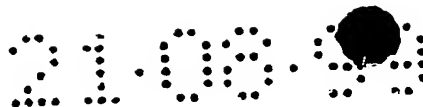
Bei den hier zur Diskussion stehenden Werkstoffen guter Korrosionsbeständigkeit handelt es sich um die austenitischen ausscheidungshärtbaren und die hoch stickstofflegierten austenitischen Stähle.

Die hoch stickstofflegierten austenitischen Stähle erreichen zwar Festigkeitswerte $R_m > 2000 \text{ MPa}$ bei gleichzeitig sehr guten Korrosionseigenschaften auch in aggressiver Umgebungsmedien, sind jedoch aufgrund ihrer aufwendigen Erzeugung in Druckaufstickungs-Anlagen enorm kostenintensiv und demzufolge für die Produktion von Massenteilen bedingt verwendbar. Der Materialgrundpreis beträgt das ca. 6 – 10 fache der oben angegebenen austenitischen ausscheidungshärtbaren Edelstähle. Gleichzeitig sind Vormaterialien aus solchen druckaufgestickten Werkstoffen schwierig umformbar, wie beispielsweise in den Patentschriften EP 0 545 852 B1 oder EP 0 774 589 A1 beschrieben.

Höherfeste korrosionsbeständige austenitische ausscheidungshärtbare Edelstähle sind bereits bekannt. Bevorzugt eingesetzt werden die Legierungen 1.4310 (X10 CrNi 18 10), 1.4568 (X12 CrNiAl 17 7) und die herstellereinspezifischen Varianten.

Bei Bauteilen dieser Legierungen wird im Anschluss an die mechanische Bearbeitung, durch eine mehrstündige Wärmebehandlung, bei Temperaturen $300^\circ\text{C} < T < 550^\circ\text{C}$ die Ausscheidung intermetallischer Phasen aus dem übersättigten Mischkristall - damit verbunden eine Festigkeitssteigerung, je nach Legierung, Grad der Kaltumformung und Parameter der Wärmebehandlung bis zu 30% - herbeigeführt. Festigkeiten von $R_m > 1800 \text{ MPa}$ können realisiert werden. Als Nachteile sind die kostenintensive Wärmebehandlung verbunden mit der Gefahr der Chromcarbid-Ausscheidung zu nennen, die zur Absenkung der Korrosionsbeständigkeit und Erhöhung der Gefahr der interkristallinen Sprödebruchbildung führt. Darüber hinaus wird bei der Wärmebehandlung im Ofen zwangsläufig eine Ausscheidungshärtung über der gesamten Stab-, bzw. Drahtlänge bzw. dem gesamten Querschnitt herbeigeführt. Eine partielle Einstellung gewünschter Festigkeitseigenschaften ist damit nicht möglich.

Mit Ausnahme der Offenlegungsschrift DE 198 15 670 A1 ist bislang die Tatsache nicht bekannt, dass bei korrekter Wahl der Anlagentechnik und Verfahrensparameter auch austenitische ausscheidungshärtbare Edelstähle durch induktive Wärmebehandlung in äusserst kurzen Prozess-Zeiten zur Bildung von



intermetallischen Phasen und damit zu einer deutlichen Festigkeitssteigerung neigen.

Die in Offenlegungsschrift DE 198 15 670 A1 beschriebene Anwendung einer gewindeformenden Schraube unterscheidet sich von der nachfolgend beschriebenen Erfindung in mehreren Punkten.

Bei einer gewindefurchenden Schraube handelt es sich um ein Endprodukt, mit besonders starken Querschnittsübergängen und keinesfalls glattflächiger Oberfläche. Für die Gebrauchseigenschaften der beschriebenen Schraube ist es lediglich erforderlich die als Gewindeflanken bezeichneten Vorsprünge in Ihrer Härte zu steigern um einen Umformprozess zu gewährleisten. Die Übertragung der Erkenntnisse auf die vorliegende Erfindung ist keinesfalls naheliegend.

Der beschriebene Stand der Technik zeigt, dass das der Erfindung zugrunde liegende Problem, nämlich einen hochfesten Stab endlicher Länge mit im wesentlichen kreisförmigem Vollquerschnitt, glattflächiger Oberfläche ohne Querschnittsübergänge und Durchmesser grösser 1 mm aus korrosionsbeständigem Edelstahl zu schaffen, der sowohl über der gesamten Länge oder dem gesamten Durchmesser, als auch partiell, d.h. in einem vorgegebenen Abschnitt über der Länge als auch in einem vorgegebenen Randschichtbereich oder einer Kombination von beiden oder mit einem definierten Festigkeitsprofil über der Länge oder dem Querschnitt, bislang noch nicht befriedigend gelöst wurde.

Diese Nachteile versucht die vorliegende Erfindung zu beheben.

3. Gegenstand der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein wirtschaftlich herstellbares Rundmaterial in Stabform mit im wesentlichen, kreisförmigem Vollquerschnitt, glattflächiger Oberfläche ohne Querschnittsübergänge und Durchmesser grösser 1 mm zu schaffen, das sowohl einen günstigen Materialgrundpreis – vergleichbar mit dem bekannter A2-Qualitäten – bei guten Korrosionseigenschaften aufweist, als auch wahlweise über der gesamten Länge oder in Teilbereichen über der Länge oder dem Querschnitt hohe Festigkeiten/Härten aufweist.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass für solche Rundmaterialien ein ausscheidungshärtbarer austenitischer Stahl ausgewählt wird,



der einen hohen Gehalt an interstitiell gelöstem Stickstoff (N) aufweist und vorzugsweise folgende chemische Zusammensetzung aufweist:

0,02 - 0,12 % C

1 – 16 % Mn

0 - 3 % Mo

16 – 26 % Cr

0 – 15 % Ni

0,2 - 0,9 % N

Durch diese Legierungsanteile erhält der Stahl eine gute Korrosionsbeständigkeit vergleichbar mit A2-Qualitäten. Die Begrenzung des Stickstoffgehaltes entspricht der natürlichen Löslichkeit im Austenit, die mit zunehmendem Mangangehalt ansteigt. Die obere Begrenzung des Kohlenstoff-Gehaltes vermeidet im Zusammenhang mit der induktiven Ausscheidungshärtung weitestgehend die Chromcarbid-Bildung, die sich bevorzugt auf den Korngrenzen einstellen würde und die Anfälligkeit gegenüber interkristalliner Korrosion begünstigt.

Der Werkstoff kann in der bei austenitischen Edelstahl-Legierungen gewohnten Weise, durch Walzen oder Ziehen, auf die gewünschte Endabmessung verformt werden, wobei zur Erzielung höchster Festigkeiten die Fertigungsfolge derart auszulegen ist, dass im Anschluss an die zuletzt vorgenommene Warmumformung oder Lösungsglühbehandlung (Lösungsglühung und Abschreckung beseitigt die durch Kaltverformung eingestellte Verfestigung) eine Querschnittsreduktion durch Kaltumformung > 40% einzuplanen ist.

Durch diese Kaltverformung können aufgrund von Kaltverfestigung und verformungsinduzierter Martensitbildung bereits Festigkeiten $R_m = 1800 \text{ MPa}$ eingestellt werden.

Die anschließende induktive Ausscheidungsbehandlung, die im Temperaturbereich $300^\circ\text{C} < T < 550^\circ\text{C}$ vorgenommen wird, führt zur Bildung intermetallischer Phasen. Vornehmlich handelt es sich um Nitride und/oder in geringem Umfang Carbide, die zur erwünschten Festigkeits-, bzw. Härtesteigerung um bis zu 30% führen, insbesondere in den bereits durch die mechanische Umformung am höchsten verfestigten und umgewandelten Gefügebereichen. Eine Einschränkung der Korrosionseigenschaften ist nicht zu erwarten.

Seite 6 von 7; Zeichen: HFRS1

21.05.99

Allein diese Wärmebehandlung erlaubt die partielle Festigkeitssteigerung in definierten Querschnittsbereichen der hochfesten Stäbe endlicher Länge mit kreisförmigem Vollquerschnitt im Durchmesser-Bereich grösser 1 mm.

Die induktive Ausscheidungshärtung erlaubt aufgrund der äusserst kurzen Wärmebehandlungszeiten (mehrere Sekunden), einen deutlichen Preisvorteil gegenüber den konventionell, mittels mehrstündiger Ofenerwärmung behandelten Bauteilen.

Die Verfahrensweise und Anlagentechnik der induktiven Wärmebehandlung ist in der Literatur ausreichend beschrieben. Es bedarf an dieser Stelle keiner weiteren Erläuterung.

Bedingt durch die geringen Wärmebehandlungszeiten ist eine Verfahrensweise im Durchlaufverfahren, zur Erzielung von über der gesamten Länge induktiv ausscheidungsgehärteten Rundmaterialien, denkbar.

21.08.9..

Anmelder:

Dr.-Ing. Heinrich Friederich, Beinstrasse 15, 68649 Gross-Rohrheim, DE

Dipl.-Ing. Reinhard Schmoock, Wiesengarten 26, 57250 Netphen, DE

Erfinder:

Dr.-Ing. Heinrich Friederich, Beinstrasse 15, 68649 Gross-Rohrheim, DE

Dipl.-Ing. Reinhard Schmoock, Wiesengarten 26, 57250 Netphen, DE

Hochfester korrosionsbeständiger Edelstahl-Stab

Schutzansprüche für Hochfester korrosionsbeständiger Edelstahl-Stab

1. Stabstahl mit im wesentlichen kreisförmigem Voll-Querschnitt und Durchmesser grösser 1 mm aus korrosionsbeständigem austenitischem Edelstahl, dadurch gekennzeichnet, dass der Stabstahl teilweise ausscheidungsgehärtet ist.
2. Stabstahl mit im wesentlichen kreisförmigem Voll-Querschnitt und Durchmesser grösser 1 mm aus korrosionsbeständigem austenitischem Edelstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stabstahl über der gesamten Länge und einem definierten Randbereich des Voll-Querschnittes ausscheidungsgehärtet ist.
3. Stabstahl mit im wesentlichen kreisförmigem Voll-Querschnitt und Durchmesser grösser 1 mm aus korrosionsbeständigem austenitischem Edelstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stabstahl über einem Teil der gesamten Länge und dem gesamten Voll-Querschnitt ausscheidungsgehärtet ist.

21.08.99

4. Stabstahl mit im wesentlichen kreisförmigem Voll-Querschnitt und Durchmesser grösser 1 mm aus korrosionsbeständigem austenitischem Edelstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Stabstahl über einem Teil der gesamten Länge und einem definierten Randbereich des Voll-Querschnittes ausscheidungsgehärtet ist.
5. Stabstahl mit im wesentlichen kreisförmigem Voll-Querschnitt und Durchmesser grösser 1 mm nach Anspruch 1 - 4, gekennzeichnet durch eine chemische Zusammensetzung von:
 - 0,02 - 0,12 % C
 - 1 - 16 % Mn
 - 0 - 3 % Mo
 - 16 - 26 % Cr
 - 0 - 15 % Ni
 - 0,2 - 0,9 % N